 DOI: https://doi.org/10.12349/edc.v8i2.9330

Exploration and Practice of Template Engineering Technology in Water Conservancy Engineering Construction

Jiagan Li Taihong Li Chao Li

Lianyungang Mingyu Water Conservancy Construction and Installation Engineering Co., Ltd. Lianyungan, Jiangsu, 222100, China

Abstract

In the construction process of water conservancy projects, the application of formwork engineering technology aims to ensure that all indicators of concrete structures, including shape, size, and position, meet the requirements, while playing an important supporting role to achieve safe construction and improve project quality. The success of template construction plays a decisive role in the overall stability of the project, as it affects the appearance and durability of the project. In this study, common types of templates are introduced and their practical characteristics are analyzed. The practical points of template engineering technology in water conservancy engineering construction are proposed, involving material selection and installation, steel reinforcement processing coordination, demoulding timing control, quality and safety management, providing reference for similar projects.

Keywords

Water conservancy engineering; Template engineering technology; Construction; practice

模板工程技术在水利工程施工中的实践探究

李加干 李太洪 李超

连云港铭禹水利建筑安装工程有限公司，中国·江苏 连云港 222100

摘 要

水利工程施工过程中，模板工程技术的应用，旨在保证混凝土结构的各项指标，包括形状、尺寸以及位置均符合要求，同时起到重要支撑作用，以做到安全施工且提高工程质量。模板施工是否成功，关于到工程的外观和耐久性，对工程整体稳定性起到决定性作用。本研究中，介绍常用模板类型并分析其实践特点，提出模板工程技术在水利工程施工中的实践要点，涉及到材料选择与安装、钢筋处理配合、拆模时机控制、质量与安全管理，为类似项目提供参考。

关键词

水利工程；模板工程技术；施工；实践

1 引言

当前的模板工程技术综合性强，不再局限于搭架子、支模具，而是涉及到力学计算、材料科学以及自动化控制等。更为重要的是，模板具备成型功能的同时，还要发挥保温养护、防裂保护的作用，还有助于提升工程美观度。尤其是近年来各种先进技术的普及，实现数字操作，各种施工难点都能够提前了解并及时解决，现场装配质量有保证，施工效率提高。

2 常用模板类型以及实践特点

2.1 拆移式模板

拆移式模板采用模块化设计方式，可应用于工厂预制、现场快速组装，地形受限、运输不便的山区水库项目。但是，由于实践应用中需要逐块拆卸之后转移至下一仓面，劳动强度大且效率低，已经逐步退出市场。

2.2 移动式模板

渠道衬砌、堤防护坡等线性工程中应用该种模板。其采用全自动行走模板系统，配备 GPS 定位与自动调平装置，每日推进达 80 米，较人工支模效率提升近五倍，且成型表面光滑一致，后期抹面工作量减少。

2.3 自升式模板

高层水工结构施工中过程中可应用自升式模板。某大型水电站进水塔施工过程中应用这种类型的模板，该水塔的塔体高度达 65 米，截面呈圆形渐变状，如果应用传统翻模工艺，至少需要超过 20 次的人工支拆作业，存在很大的安全隐患且难以保障进度。最终项目团队选用液压自升模板系统，整个过程由中央控制系统统一调度，工人仅需在操作平台内完成钢筋绑扎与振捣作业，显著降低了高空作业风险。

【作者简介】李加干（1984—），男，中国江苏连云港人，本科，工程师，从事水利水电工程研究。

尤其是该系统还安装有倾角传感器和位移监测模块，对于模板姿态数据实时反馈，如果发生偏移，报警设备同步启动并自动纠偏，保证结构垂直度不会超出规范允许范围内[1]。

2.4 滑动式模板

混凝土重力坝的坝体浇筑施工中可应用滑动式模板，其优势在于不停歇连续上升，防止产生冷缝，实现整体性提升。落实到实际操作过程中，对于混凝土初凝时间与滑升速度的匹配关系严格控制。比如，某西部高海拔地区大坝施工过程中，因昼夜温差大而造成混凝土凝结异常，不能及时调整滑模速度，结果导致局部拉裂以及塌边现象，不得不停止施工，整改时间超过两周。

2.5 免拆模板网

免拆模板网中，比较具有代表性的是镀锌钢丝网。模板施工中，将其预先固定于旧结构表面，新混凝土直接在其外侧浇筑。钢丝网可发挥临时支护作用，又在硬化后成为永久抗剪构件，层间咬合力明显提升。同时，网孔结构有利于水分排出，避免内部气泡聚集，密实度提升。

2.6 全钢大模板

全钢大模板的表面质量控制能力非常强，如果工程的外观标准非常高，这种模板是首选。某水利枢纽项目中，业主明确要求溢流面不允许有任何可见接缝或色差。为此，施工单位专门定制了整幅式不锈钢大模板，单块面积达 12 平方米，边缘采用精密铣削工艺实现无缝对接。模板背面设置加热管道，冬季施工时通入热水维持适宜温度，防止冷凝水影响脱模效果。脱模后混凝土表面呈现出镜面般的光泽，几乎无需修饰即可交付验收，赢得了外方专家的高度评价。这种类型的模板价格非常高，但是由于循环利用价值非常高，可重复使用上百次，摊销成本比频繁更换的小型木模低很多，可谓是高投入、高回报。

3 水利工程施工中模板工程技术应用要点

3.1 材料选择与安装

水利工程模板施工中，所选择材料要具备足够的强度、刚度，且稳定性良好，可优先选用钢材作为支架材料。进行安装施工的过程中，夯实基土，还要加垫支撑板，避免下沉而造成形变。表面平滑且接缝严密，避免出现漏浆问题而影响混凝土质量。工程实践中选择材料，除了考虑其物理性能，还要结合环境因素，从综合的角度评估[2]。

比如，某滨海地区海堤工程建设中，施工单位进行工程结构特性分析，对环境因素量化评估，通过材料性能比对并选择合适的模板材料。具体的操作中，明确挡墙的结构类型，将模板承压需求，包括混凝土侧压力、浇筑高度等确定下来。通过评估几何复杂度，均为规则平面，最终采用钢模板。进行环境因素量化评估中，本地区温湿度适宜，考虑到长期浸水环境，需要选择耐腐蚀材料，不锈钢模板最适宜，摒弃传统的木质模板和塑料模板。(表 l：模板材料性能比对)

表 1 模板材料性能比对

材料类型	抗压强度	周转次数	自重	表面精度
钢模板	高（＞ 50MPa）	＞ 200 次	大（40kg/m²）	高（平整度 ≤2mm）
塑料模板	中（需增强纤维）	50-100 次	轻（降低 30%）	中（需脱模剂）
木模板	低（易变形）	＜ 20 次	中等	低（需修补）

通过分析表 1，钢模板的抗压强度非常高，周转次数超过 200 次，其自重虽然大，但是表面精度高，优势显著，成为本工程的首选。

3.2 钢筋处理配合

水利工程模板施工中，对于钢筋要划分类别存放在地势高的区域，这里有良好的排水条件，底部垫离地面超过 20cm。受力钢筋接头比较脆弱，可设置在受力比较小的区域，对于直径超过 32mm 的受压钢筋，不能应用绑扎搭接方式，这是因为大直径钢筋经过绑扎搭接，如果保证力的传输过程中有较高的可靠性，很容易产生滑移现象或者出现应力集中问题，导致构件承载力受到影响，抗震性能下降。为解决这方面的问题，可以采用机械连接方式，比较常用的是套筒挤压连接以及直螺纹套筒连接等，严格按照《钢筋机械连接技术规程》中的相关要求进行，接头强度要符合钢筋母材标准。如果选用焊接连接方式，根据实际需要选择合适的焊接技术，搭接焊接可以选用电弧焊，竖向钢筋可以选用电渣压力焊。焊接完毕，对于焊接接头进行力学性能试验，保证没有裂缝、气孔等缺陷则质量合格。保护层方面，可应用高强度垫块或者专用定位卡具，保证其厚度符合设计。大直径钢筋需要增设支撑筋，比如，将 Φ18 钢筋采用错开排列方式，浇筑施工中可避免产生位移。

3.3 拆模时机控制

拆模施工要正确把握时间，这对混凝土强度发展具有直接影响。通常而言，侧模能够在施工之后的 2–3 天拆除，底模需要达到设计强度的大约 80% 才能进行，避免对棱角以及表面造成损伤。具体操作中，先将拆模依据确定下来，对于非承重侧模，混凝土强度超过 2.5MPa，确保拆模的过程中不会损坏表面以及棱角。底模作为承重模板，要依据与结构同条件养护的混凝土试块抗压强度判定混凝土强度。强度验证中，样品为同条件养护试块，实施强度检测的过程中，每个作业段超过 3 组，保证所获得的数据信息具有代表性。如果为大体积结构，可辅助无损检测技术对实际强度进行复核，尤其是强度发展延迟的时候，这项操作更加重要。（补充说明）上表依据多份案例及规范分析得出。例如，交通桥

面板若跨度大于 8m，即使强度达 70% 也严禁拆模，必须达到 100%，否则将导致桥面垮塌的重大安全事故 。

当然，具体的实施中，还要考虑到环境变化情况。环境温度比较低的情况，水泥水化反应比较缓慢，即便经历了一周的养护时间，也不能达到强度要求。此时，可应用回弹仪或者钻芯取样的方法实际测量结果判断是否符合拆模条件，不能盲目拆模。环境温度较高的情况下，混凝土早期强度快速增长，如果拆模时间比较早，容易引发干缩裂缝。比如，某水利工程的泵房基础施工中，顶板部分为了加快施工进度而提前拆除底模，第三天就发现有贯穿性裂缝，现场采取碳纤维加固措施补救。技术处理过程中，基于泵房的具体情况对宽度大约 0.2mm 的贯穿裂缝应用环氧树脂化学灌浆技术。专业技术人员进入现场检查裂缝，明确裂缝宽度、深度、走向，判断是否在发展。对裂缝表面预处理，裂缝周边疏松的混凝土凿除，露出坚实基层，打磨平整并清理干净，确保没有油污、浮尘和水分。使用环氧树脂等材料通过压力灌注填充内部裂缝，压力 0.3–0.5MPa，确保浆液充分渗透。之后，进入到碳纤维布加固环节，在裂缝区域粘贴碳纤维布，沿着受力方向布置，搭接长度 ≥100mm，转角位置做圆弧倒角。（图 1：碳纤维粘贴流程）

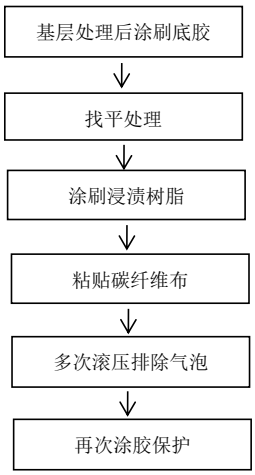


图 1 碳纤维粘贴流程

该泵房基础施工中，补修裂缝的时候选用高强度Ⅰ级碳纤维布，抗拉强度超过 3000MPa，配合使用 A 类改性环氧胶粘剂，粘结强度高且具有良好的耐久性 [3]。

3.4 质量与安全管理

施工之前，核查水泥等原材料进行合格证并实施性能试验，各项指标不合格的材料不能进入到施工现场。施工的整个过程中，都要强化技术管控，尤其是修复裂缝的时候，可应用环氧树脂等高分子材料注浆，使其耐久性提升。事实上，模板工程施工质量控制为闭环管理体系，要做好事前策划、事中监控，还要落实事后追溯。

事前策划工作中，结合地质水文条件定制模板方案，比如，高边坡支护需要通过稳定性计算确定模板支撑参数。项目部向班组传递工艺标准，复杂节点用三维动画演示。材料设备质量控制，模板选用高强度钢模板，进入到施工现场之前查验厚度公差，控制在 ±0.5mm 内，表面平整度符合要求。支撑体系需要验算承载力，注意不能使用变形钢架。对于大体积混凝土浇筑，需预埋冷却水管并将温度控制方案编制出来，将内外温差控制在 25℃以内。雨季施工要配置防雨棚和排水设施，避免基槽积水而造成模板沉降。

事中监控可实现动态纠偏。运行三检制闭环管控模式，班组自主检验模板接缝的密封性，相邻班组之间相互检测支撑刚度，质量检验员专门检测定位精度，轴线偏差不能超过 3mm，各项指标合格之后报监理验收。旁站监督工作中，对悬挑结构模板安装、混凝土初凝前拆模等关键工序的整个操作过程旁站，对荷载变化情况实时记录。监控过程中，对环境与工艺实时调控。高温环境施工，采用喷洒水雾的方式促使模板表面温度下降，避免产生混凝土塑性裂缝。因公用传感器监测模板位移情况，比较常用的是激光测距仪，超过规定限值就会自动触发预警。如果施工过程中发现有胀模、漏浆等缺陷，按照“定人 - 定时 - 定措施”原则整改，比如，孔洞采用环氧树脂注浆处理，24 小时以内进行一次复验。

事后追溯采用数据驱动方式。将电子档案库建立起来，关联 BIM 模型对模板安装参数、检测报告以及整改记录等详细记录，由此实现“一码溯源”。事后追溯涉及到的关键数据包括混凝土浇筑时间、拆模强度（回弹值 ≥ 设计值 80%）、质检员签认记录等。通过二维码标识定位质量缺陷责任人，关联奖惩机制。季度分析质量数据，对模板拼接工艺优化。工程竣工之后编制《模板工程质量白皮书》，典型问题作为下次事前策划要点。

4 结语

通过研究明确，水利工程施工中，模板工程技术操作要系统化展开，包括材料选择、现场安装、钢筋处理配合、拆模等各个阶段环环相扣。工程施工过程中，通过积极引进先进工艺，可高效完成施工且保证结构质量，减少安全隐患。

参考文献

[1] 牟汉玉.关于模板工程技术在水利工程施工中的实施探讨[J].四川建材，2023，49(9):121-123.

[2] 王雪蓉.模板工程技术在水利水电工程施工中的应用措施[J].冶金丛刊，2021(23):6-7.

[3] 张成坤.模板技术的发展及在水利工程施工中的作用研究[J].中国科技纵横，2023(1):113-11